ECOLOGÍA

Caldasia 19(1-2): 311-322

# DINAMICA DE ELEMENTOS EN EPIFITOS DE UN BOSQUE ALTOANDINO DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA.

**LUIS MARTÍN CABALLERO-RUEDA**

*Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, AA. 14490, Santafé de Bogotá, Colombia.*

**NELLY RODRÍGUEZ**
**CARLOS MARTÍN**

*Departamento de Geografía, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Santafé de Bogotá, Colombia.*

**Resumen**

En un estudio del bosque alto andino de la vereda Guisquiza, La Calera (Cundinamarca), se analizaron las reservas y transferencia de bioelementos en briófitos y *Tillandsia compacta* Grisebach (Bromeliaceae), durante dos años. Las epífitas tienen una biomasa de 3766 Kg/ha en el bosque; de este valor los briófitos son el 55 % y *T.compacta* el 9.3 %. Para esta biomasa tan pequeña, resultan almacenar altas cantidades de agua, nutrientes y ser interceptoras de materiales de lavado foliar que las hacen valiosas para los planes de manejo y ordenación de cuencas. No hay diferencias entre los valores de los elementos epífitos del suelo con respecto a los de los árboles; igualmente entre las categorías de *T.compacta.* El trampeo de elementos especialmente, los pesados, disminuye los problemas por intoxicación en los diversos componentes del ecosistema. *T. compacta* resalta como reguladora de elementos de cambio en especial de potasio y por ende de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del sitio. Así mismo, estas propiedades les permite ser amortiguadoras de la alta acidez y de los daños por exceso de concentración de Al, Fe y Mn comunes en los orobiomas o ecosistemas de montaña. Lo cual es observable en el modelo de dinámica planteado.

**Palabras clave:** Epifitos, bioelementos, bosque, Colombia.

**Abstract**

The reserves and transfer of bioelements were studied during two years in the epiphytic bryophytes and the bromeliad *Tillandsia compacta* in a high Andean forest in Guisquiza, La Calera, Cundinamarca in the Eastern Andes of Colombia. Epiphyte biomass in this forest is 3766 kg/ha, of which bryophytes contribute 55% and *T. compacta*, 9.3%. In relation to their biomass, these epihyttes store high quantities of water and nutrients and intercept materials washed from foliage, making them important to consider in watershed management. There are no significant differences in epiphyte element composition between soil and trees, or between size categories of *T. compacta.* Trapping of heavy elements in particular may mitigate contamination problems in diverse components of the ecosystem. *T. compacta* appears especially important as a regulator of potassium transfer, and therefore of cation exchange capacity of the system. These properties permit the epiphytes to be dampers of high acidity and of excess concentrations of Al, Fe and Mn common in montant ecosystems, which can be observed in the dynamic model presented.

**Key words:** Andean forest, bioelements, epiphytes, Colombia.

## Introducción

Las reservas orgánicas y minerales de los ecosistemas forestales se localizan fundamentalmente en la fitomasa el capote, el suelo y la fauna, conformando compartimentos reguladores de la distribución servomecánica de los elementos (Binkley & Lambert 1981; Fassbeder & Grimm 1981; Golley 1983).

Sobresale en esta vegetación neotropical la abundancia y diversidad de epífitas que alcanzan sus máximos en el húmedo montano, donde intervienen el movimiento e intercepción del agua y bioelementos por encima del 45 % de los valores del bosque; su mayor riqueza de elementos deriva de sumunistros por precipitación atmosférica a través de la lluvia, neblina y depositación de partículas, intercepción de materia orgánica del follaje, corteza de árboles hospederos, excreciones de animales y organismos simbiontes, principalmente (Medina 1977; Madison 1977; Benzing & Seemann 1978; Sudgen & Robins 1979; Nadkarni 1984). No obstante, representan menos del 2 % de la biomasa total; su eficiencia radica en la conformación de sistemas tridimencionales receptor-regulador-donador con una gama de estrategias especializadas y debidamente ubicadas en las diferentes biosferas de las que hacen parte arquitectural (Madison 1977; Nadkarni 1984).

Las epífitas, en especial los briófitos almacenan metales pesados como Fe, Cu, Mn, Zn, Ag, Al, Ti, con valores conocidos desde 150 hasta 70000 ppm y compuestos orgánicos como ligninas, terpenoides y ácidos alifáticos, que los hacen muy resistentes a la descomposición e incorporación de sus materiales al sitio (Schuster 1984; Nadkarni 1986).

Las bromeliáceas mésicas que resultan de formas adaptadas a situaciones xéricas y de deficiencia nutricional, forman tanques en los cuales interceptan agua, materiales atmosféricos y una extensa macro y microbiota, cuyo fraccionamiento y degradación libera entre otros, iones que son absorbidos a través de tricomas de las láminas foliares; igualmente atrapan macromoléculas, aminoácidos y carbohidratos disueltos, y son capaces de dispersar la luz evitando daños superficiales por radiación (Downs & Lyman, 1974; Benzing 1976; Benzing & Davidson 1979; Benzing & Ott 1981).

En la distribución vertical y horizontal de las bromeliáceas, influyen las condiciones de luz, humedad y temperatura del microclima, edad y estructura de los hospedantes. Las de tanque, son CAM, C3/CAM y escasas las C4; pero es de resaltar la estrategia de transpirar sin afectar la tasa asimilatoria (Downs & Lyman 1974, Benzing & Davidson 1979).

Con esta investigación se espera contribuir al conocimiento de las epífitas, particularmente briófitos y *Tillandsia compacta* (Bromeliaceae), como componentes en la dinámica nutricional del bosque estudiado y que pueda ser de utilidad en los programas de ordenación, preservación y manejo de cuencas.

## Area de estudio

El bosque estudiado, se localiza en la vereda Guisquiza, La Calera (Cundinamarca), Colombia para dos sitios topográficos entre las siguientes coordenadas :

Cerro Verde 73°5'11" Longitud Oeste y 4°40'05" Latitud Norte

Llano grande 73°58'57" Longitud Oeste y 4°40'42" Latitud Norte

La zona presenta régimen bimodal de lluvias, con promedio multianual para el periodo 1980-1995 de 1387 mm con valores máximos en julio y octubre según el HIMAT, influenciada por la alta y constante nubosidad del sistema de circulación valle-montaña. Tiene régimen isotérmico, con temperatura media de 12.3 °C y mínima de 5°C, se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo montano (bmh-m) y se clasifica como asociación atmosférica muy húmeda (Holdridge, 1979) o bosque nublado ( Stadmuller 1987).

La vegetación arbórea, está representada por *Hedyosmun sp., Drymis granadensis, Miconia sp., Geissanthus andinus y Meriania sp.*, de fustes rectos y DAP promedio de 25 cm. El estrato codominante, principalmente por tres géneros de Melastomataceae, *Centronia sp., Meriania sp., y Miconia sp.*, además los taxa: *Aionea dubia, Clethra sp., Clusia sp., Meliosma sp., Plicourea sp., Rapanea sp., y*

*Weinmannia tomentosa*. El sotobosque se caracteriza por regeneración dominante de *Drymis granadensis* y *Hedyiosmun sp.* y troncos en proceso de descomposición que ofrecen condiciones fisicoquímicas apropiadas para una densa cobertura de briófitos.

Las epífitas presentes en los árboles estudiados son: hepáticas, *Plagiochila sp.* y *Frullania sp.;* musgos, *Zelometeorium sp., Mittenothamnium sp., Thuidium delicatulum, Neckera sp., Prionodon luteovirens, y Politrichum sp.,* los helechos: *Polypodium lanceolatum, P. bolivianum, P. remotum, Hymenophylum sp. y Longifolium lanceolatum.* Los líquenes, *Leptogium sp., Sticta sp., Lobaria sp. y Peltigera sp.* La orquídea, *Stellis sp.*. En el piso, los briófitos, *Thuidium delicatulum, Zelometeorium sp., Bartramia sp., Polytrichum sp., Trachyxiphium sp. e Hypnum amabile* (Martín, et al 1991).

Se seleccionaron dos sitios del mismo bosque: el primero en la finca Llano grande, Vereda Guisquiza, que presenta una topografía plana a 2700 m y el segundo en la finca Cerro Verde, que tiene pendientes hasta del 50 % a 2720 m; en un área de 30 hectáreas. La zona está cubierta de bosque alto andino, con interferencia antropogénica.

## Metodología

La biomasa epífita se cuantificó en tres parcelas de 25 m cuadrados cada una, se colectaron briófitos, orquídeas, líquenes, pteridófitos, *T. compacta*, mezcla de especies no identificadas y materia orgánica interceptada, en forma estratificada ascendente desde el piso del bosque hasta las ramas. Los resultados se expresaron en Kg/ha de materia seca.

Se efectuó el muestreo de briófitos en recipientes plásticos de 300 cc hasta llenado con muestras sucesivas tomadas al azar de 15 cm cuadrados en árboles y piso replicadas diez veces.

Se establecieron dos categorías por diámetro de *T. compacta*, las de rango entre 21 y 40 cm y las mayores de 61 cm. De cada una se tomaron quince réplicas al azar.

Los sedimentos en las bromélias se realizaron mediante vaciado y filtración del contenido del tanque de quince muestras por categoría.

Todos los registros anteriores se tomaron a intervalos aproximados de dos meses, durante dos años, siguiendo el climadiagrama de la zona según, el HIMAT.

El secado del material vegetal se realizó a 70°C por 48 horas y se almacenó a 4°C previa mezcla de las réplicas en cada lectura, para los posteriores análisis químicos en el laboratorio de suelos de CORPOICA; mediante los siguientes métodos:

N y P : Colorimetría- Molibdato de Amonio

K, Ca y Mg : Absorción atómica

B : Colorimetría- Asometrina H

Micronutrientes : Absorción atómica.

Para el análisis de capote y suelo se colectaron quince muestras al azar con cubrimiento del área de acuerdo a las recomendaciones del IGAC (1983). Previa mezcla, se secaron a 70°C y 105°C respectivamente y se almacenaron a 4°C.

El análisis químico de las siguientes variables se realizó en el laboratorio de suelos del ICA, por los métodos convencionales:

Carbono orgánico : Walkey-Black

Fósforo aprovechable : Bray II

CIC : NHOH ( 1N y Neutro)

Bases totales : Absorción atómica

Al : KCl

pH : 1: 2,5

Textura : Tacto

Los resultados se graficaron utilizando el Modelo de Alvin y Cabala Modificado (1974), ajustado a su vez, para esta investigación, de la siguiente manera para Macroelementos:

Numerando los ejes de 1 a 6 en sentido a las manecillas del reloj; en el eje 5 se ajustó % de Mg en lugar de la CIC, en el eje 6 de pH se ajustó a % de Carbono.

Para los Microelementos los ejes se ajustan así:

Eje 1 Mn, 2 Cu, 3 Zn, 4 Fe, 5 B, 6 pH (Figura 1).

## Resultados y discusión

La masa epífita (Tabla 1 ) es similar por especies y base seca en los dos sitios del bosque, los briófitos son el 53 % sobre 3196 Kg/ha en Llano grande y 57 % sobre 4237 Kg/ha en Cerro verde. Las epífitas vasculares son el 30 % del total, siendo *T. compacta* la mayor fracción con 8.5 % y 10.2 % respectivamente. En la figura 2, se presenta el promedio de la biomasa en los dos sitios.

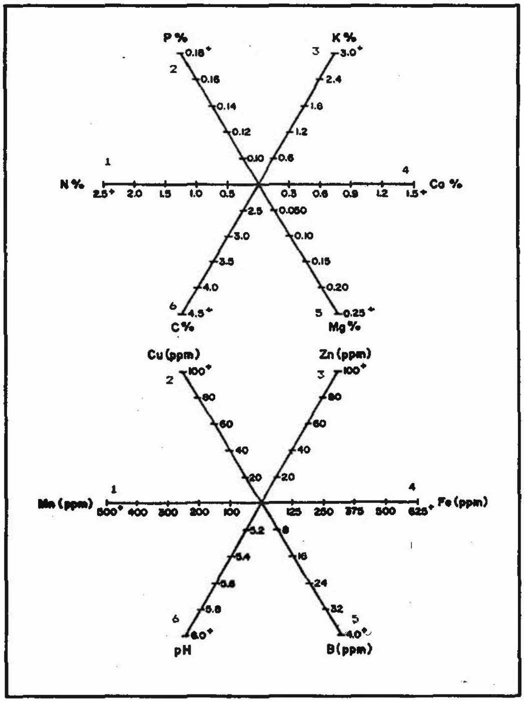

**Figura 1.** Modelo de Alvin y Cabala modificado (1974) Ajuste de macroelementos y microelementos.

Los residuos orgánicos provenientes de los árboles hospederos y la vegetación epífita ascienden a 500 Kg/ha promedio de los dos sitios del bosque y representan el 14 % de la biomasa total. Su acumulación permanente es la base sobre la cual se desencadenan procesos de descomposición y humificación en el dosel, que permiten la liberación de la mayor cantidad de bioelementos que con los propios del capote y del suelo han de garantizar las exigencias de las especies (Fassbender & Bornemisza 1987; Hardy 1970).

## Elementos en la fitomasa

Dada la diversidad de los ecosistemas tropicales y metodologías empleadas, la biomasa cambia en amplio rango (Tabla 1). Van Leerdam & Zagh (1989), establecieron el valor extrapolando cifras obtenidas en algunos arboles altamente epifitados; los hallados en este estudio, se determinaron con cubrimiento integral del bosque al igual que los realizados por Golley (1983) y Grubb & Whitmore (1963). En el presente estudio se registraron todas las especies hospedantes y de la fitomasa epífita, los briófitos representan el 93 % de los nutrientes almacenados. Los valores totales en (Kg/ha) son así: N: 32.34, P: 3.48, K: 12.55, Ca: 26.34, Mg: 1.68, Mn: 576.0, Zn: 170.25, Cu: 138.3, Fe: 1115.75 y B: 0.063.

La secuencia de acumulación es N>Ca>-K>P>Mg y Fe>Mn>Zn>Cu>B en árboles y piso, siendo el Cu y el Zn de valor mayor en briófitos de árboles (Figura 3).

Teniendo en cuenta lo reportado para epífitas de bosques tropicales y lo encontrado en esta investigación, la concentración de elementos supera lo hallado en el sistema foliar de árboles de bosque andino (Tabla 2 y Figura 4).

**Tabla 1.** Biomasa epífita en Bosques Tropicales.

| Tipo de Bosque | Localización | Biomasa Kg/ha | Fuente |
|---|---|---|---|
| Premontano | Darien, Panamá | 1.400 | Golley et. al 1975 |
| Montano | Nueva Guinea | 3.400 | Edwards y Grubb 1977 |
| Submontano | Uluguru, Tanzania | 2.130 | Pocs 1980 |
| Mossy Elfin | Uluguru, Tanzania | 13.650 | Pocs 1980 |
| Nublado | Monte Verde, Costa Rica | 4.730 | Nadkarni 1984 |
| Alto Andino | Santa Rosa de Cabal, Col. | 5.495 | Van Leerdam y Zagh 1989 |
| Alto Andino | Santa Rosa de Cabal, Col. | 5.400 | Van Leerdam y Zagh 1989 |
| Andino Superior | Santa Rosa de Cabal, Col. | 9.497 | Ayala y Ramos 1988 |
| Andino Inferior | Santa Rosa de Cabal, Col. | 6.221 | Ayala y Ramos 1988 |
| Alto Andino | Santa Rosa de Cabal, Col. | 12.800 | Van Leerdam y Zagh 1989 |
| Alto Andino | Santa Rosa de Cabal, Col. | 12.000 | Veneklaas 1990 |
| Muy húmedo montano | La Calera Colombia "Llano Grande" | 3.195 | Presente Estudio |
| Muy Húmedo montano | La Calera Colombia "Cerro Verde" | 4.237 | Presente Estudio |

Por otra parte, las variaciones fuertes en la concentración de elementos y en especial de metales pesados, causa alteración sobre las bases de cambio afectando la disponibilidad, principalmente de K, Ca y Mg (Fassbender 1987; Garavito 1979). Sin embargo, los briófitos toleran y almacenan valores altos sin introducir detrimentos en el sistema y por el contrario, se constituyen en trampa o compartimento regulador de su distribución (Fig.3) y de los procesos como la fijación de nitrógeno, régimen osmótico y de pH, formación de estructuras y traslocación de carbohidratos y los correspondientes a facilitar la germinación y regeneración natural del sitio (Huneck, 1984).

## Elementos en *T. compacta*

El contenido de macroelementos (Kg/ha) y microelementos (gr/ha) encontrados en *T.compacta* que permite sustentar los aná-

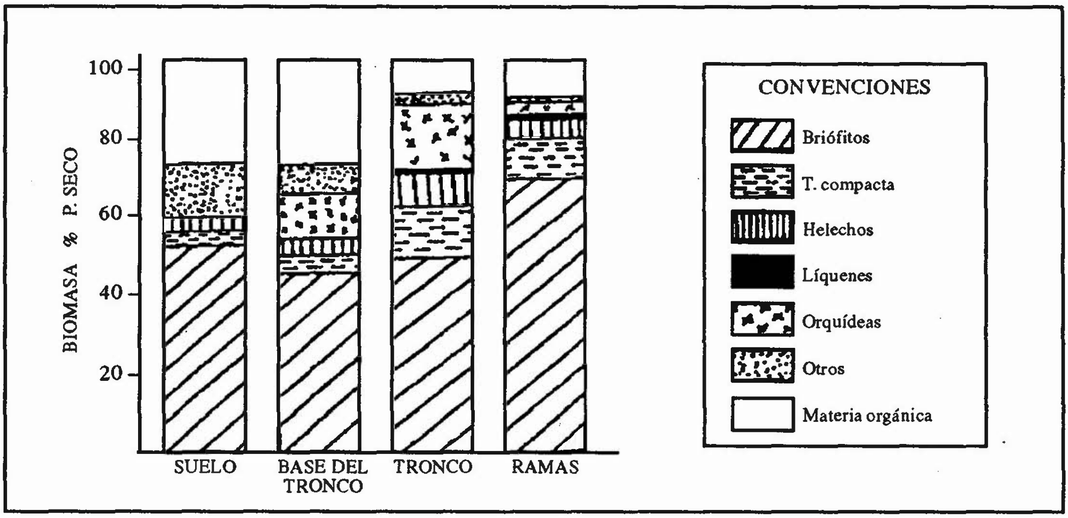

**Figura 2.** Distribución de la biomasa epifita en el bosque de Guisquiza (Cundinamarca)

**Tabla 2.** Concentración de Bioelementos de la vegetación Epífita en Bosques Tropicales.

| | % | | | | | : | ppm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ESPECIE | N | P | K | Ca | Mg | : | Cu | Fe | Zn | Mn | B | FUENTE |
| T. circinnata | 0.35 | 0.07 | 0.33 | 0.66 | 017 | : | 6.0 | 100.0 | 20.0 | 50.0 | 20.0 | Benzing y Seeman, 1978 |
| T. usneoides | 0.58 | 0.12 | 0.49 | 1.15 | 0.19 | : | 11.0 | 613.5 | 61.5 | 50.5 | 19.0 | Benzing y Ott, 1981 |
| V. fosteriana | 1.37 | 0.097 | 0.96 | 0.33 | 0.15 | : | 9.0 | 116 | 29.5 | 12.2 | 17.5 | Grimm y Fassbender 1981 |
| Bromeliáceas | 0.51 | 0.05 | 1.3 | 0.19 | 0.14 | : | — | 120.3 | — | 301.8 | — | Binkley y Lambert 1981 |
| Briofitos | 0.88 | 0.18 | 0.41 | 0.81 | 0.08 | : | — | — | — | — | — | Huneck 1982 |
| Pholia nutans | 2.35 | 0.053 | 1.25 | 0.16 | 0.12 | : | 9.0 | 1157 | 33.0 | 14.0 | 11.0 | Huneck 1982 |
| Polytrichum strictum | 1.50 | 0.44 | 0.50 | 0.23 | 0.11 | : | 5.0 | 4000 | 41.0 | 23.0 | 32.0 | Huneck 1982 |
| Sphagnum angustifoilum | — | | 0.49 | 0.28 | 0.096 | : | 8.0 | 271 | 55.0 | 64.0 | — | Nadkarni, 1984 |
| Epífitas | 0.77 | 0.11 | 0.27 | 0.17 | 0.08 | : | 4.5 | 316 | 39.0 | 105.0 | 5.0 | Presente estudio |
| Briófitos | 1.58 | 0.17 | 0.63 | 1.34 | 0.08 | : | 61.0 | 550 | 79.0 | 285 | 31.7 | Presente estudio |
| T. compacta | 0.73 | 0.13 | 2.89 | 0.38 | 0.12 | : | 7.5 | 365 | 22.5 | 158.7 | 16.0 | Presente estudio |

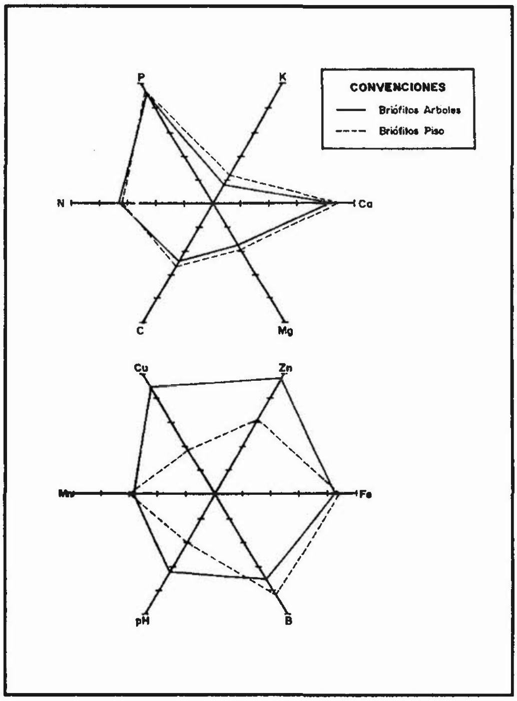

**Figura 3.** Concentración de Macronutrientes (%) y Micronutrientes (ppm) en Briofitos de árboles y piso.

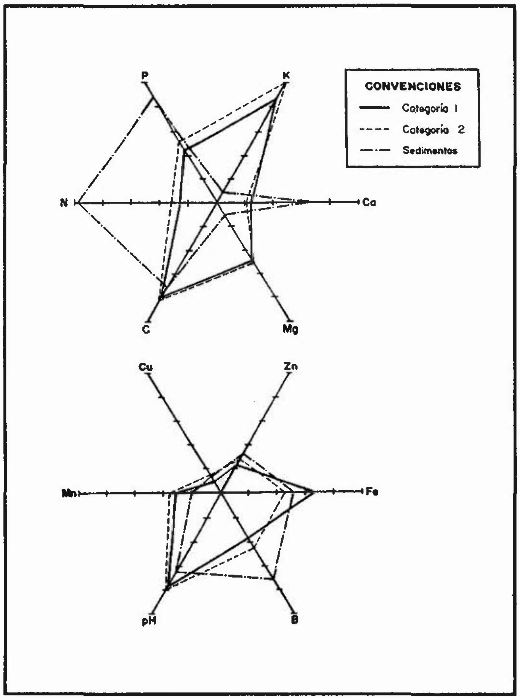

**Figura 4.** Concentración de Macronutrientes (%) y Micronutrientes (ppm) en *Tillandsia compacta* y sedimentos.

lisis planteados corresponden a los siguientes valores:

N: 1.35, P: 0.23, K: 5.76, Ca: 0.66, Mg: 0.23 y (gr/ha) Mn: 29.10, Cu: 1.52, Fe: 61.45 y B: 2.87.

Diferencias apreciables para los elementos entre las categorías de *T. compacta* no se encontraron, pero sí entre esta y los de briófitos que son de mayor valor (Figura 5). Por el contrario, esta bromelia acumula más K, P y Fe que las mismas hojas de los árboles de estas zonas andinas; la secuencia de macro y microelementos que es de enorme importancia para los análisis de dinámica, se dieron en el siguiente ordenen K>N>Ca>P>Mg y Fe>Mn>Zn>B>Cu.

Se destaca el papel de estas plantas en retener, entre otros el K (Figura 6), elemento de gran movilidad fácil lixiviación en las zonas de ladera y muy requerido para los balances del suelo y la nutrición de las plantas (Garavito, 1979).

### Elementos en el sedimento del tanque de *T. compacta*

En cuanto a los sedimentos del tanque, provenientes en su mayor parte de la intercepción de partículas atmosféricas, restos orgánicos de la vegetación y fauna bromelícola, en especial artrópodos, favorecen la conformación y desarrollo de un sistema microcósmico, con procesos endógenos de descomposición que liberan humus, moléculas e iones, estableciendo un "suelo" dentro de la planta donde las hojas hacen las funciones de raíces y las raíces de soporte, estrategia que favorece la economía de las demás especies asociadas. Por otra vía, la mezcla de agua y sedimentos genera propiedades coligativas, que conllevan resistencia a la evaporación hídrica, fenómeno de gran importancia durante las épocas de menor precipitación y que a mayores temperaturas propician la liberación de pequeñas cantidades de agua, contrarrestando los problemas ocasionados por su déficit en el bosque. Este comportamiento es de amplio conocimiento en los bosques altamente epifitados como los de neblina.

En los sedimentos los valores de macroelementos (Kg/ha) son: N: 0.47, P: 0.03, K: 0.04, Ca: 0.19 y Mg: 0.01 y microelementos (gr/Ha): Mn: 1.78, Zn: 0.61, Fe: 6.70 y B: 0.59 para las siguientes secuencias: N>Ca>K>P>Mg y Fe>Mn>Zn>B>Cu con alta concentración de N y P (Fig. 4).

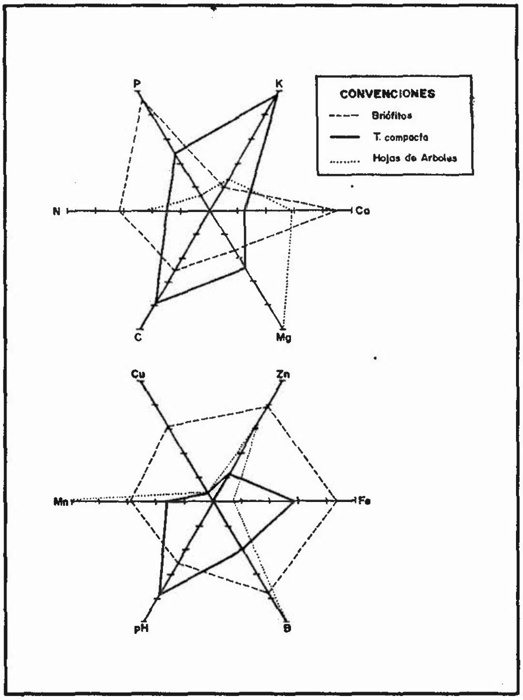

**Figura 5.** Comparación de la concentración media de elementos de la vegetación epífita en relación con la reserva de hojas de árboles de Ecosistemas Alto Andinos.

Si se observa la figura 4, los nutrientes N, P, Ca, B, Zn y Cu se acumulan en mayor valor en los sedimentos que en los tejidos de la bromelia. Elementos como N, P, Ca y Zn pueden ser traslocados del tanque a la planta. Benzing (1973) y Nadkarni & Primark (1987), afirman que las bromeliáceas de tanque son más resistentes a la lixiviación que las restantes especies del dosel, pues su mecanismo adaptativo responde al estrés por nutrientes reteniendo por traslocar del tanque a la planta a través de tricomas y bases foliares los elementos, constituyendo una despensa cuyos valores resultan ser mayores al compartimento foliar de los árboles y aún más si se comparan con las especies mas utilizadas en reforestación como pinos, cipreces y eucaliptos (Figuras 5 y 6). Al parecer, estas especies en términos de adaptación exhiben un complejo sistema de reposición servomecánico de nutrientes en la planta y en el sistema.

## Elementos en el capote y suelo

Respecto al contenido de bioelementos en el capote, los valores de macronutrientes en Kg/ha y micronutrientes en gr/ha son respectivamente: N: 4200, P: 2.64, K: 29.5, Ca: 602.4, Mg: 49.0 y (gr/ha): Mn: 7.29, Zn: 1.1, Cu: 0.19, Fe: 9.0 y B: 0.07.

En la fase mineral del suelo las reservas a 20 cm en Kg/ha son: N: 5600, P: 30.0, K: 3.12, Ca: 4520, Mg: 312 y (gr/ha) Mn: 138.0, Zn: 23.8, Fe: 1112 y B: 0.72.

Al comparar estas reservas el capote resulta ser un eficiente compartimento en retener y regular valores elevados de elementos como se puede observar en los anteriores datos. Por otra parte se establece un flujo hacia el suelo abasteciendo las pérdidas por extracción de elementos que hacen las plantas en las siguiente secuencia de acumulación: N>P>Ca>Mg>K y Fe>Mn>Zn>Cu>B; mientras que las del suelo se presentan así: N>Ca>Mg>K>P y Fe>Mn>Zn>Cu>B. Es de tener en cuenta que estas secuencias en términos de dinámica son una oferta con un orden des-

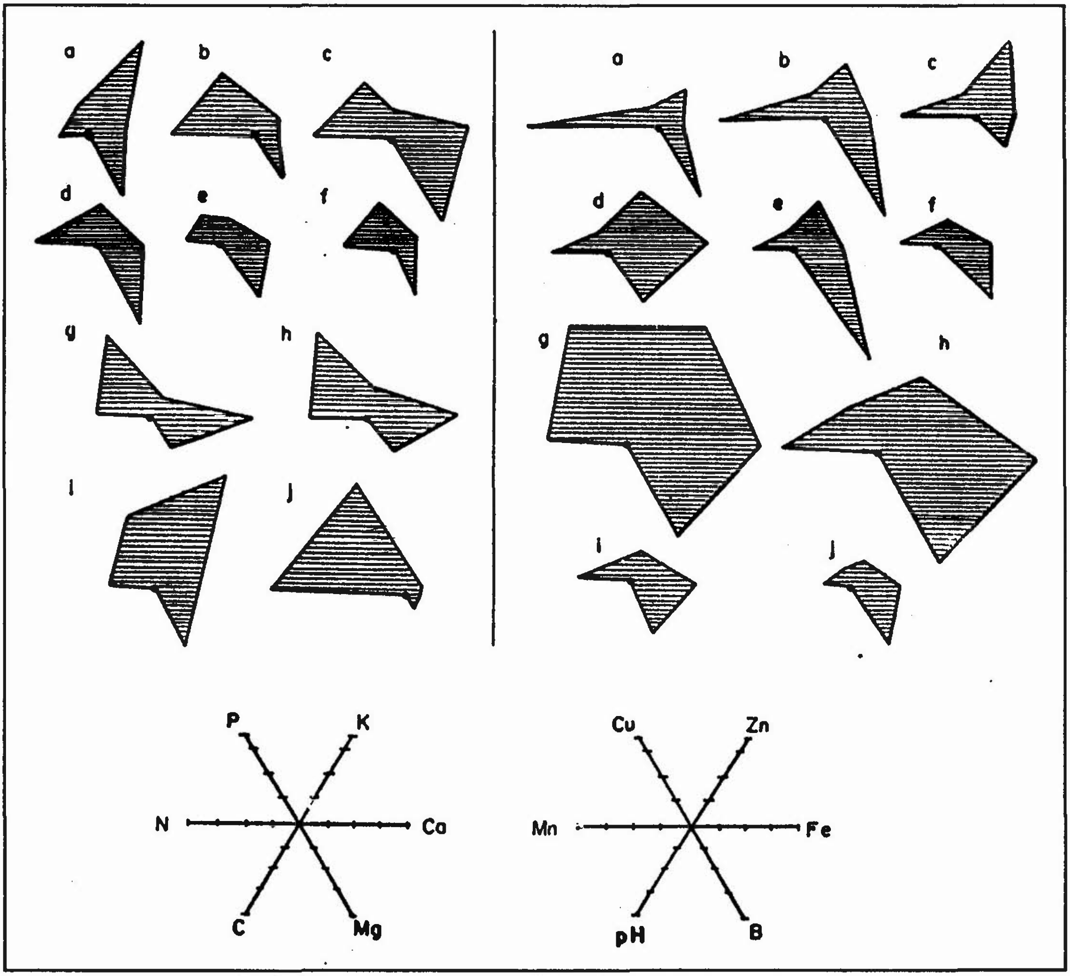

**Figura 6.** Concentración de Macronutrientes (%) y Micronutrientes (ppm) en a) Eucalyptus saligna, b) Pinus patula, c) Weinmannia sp, d) Drymis granadensis, e) Macleania sp, f) Chusquea sp, g) Briófitos árboles, h) Briófitos piso, Tillandsia compacta, j) Sedimentos de T. compacta.

cendente que pueden aprovechar tanto la biota del suelo como la vegetación (Figura 7).

Estos suelos son de textura arcillosa, pH moderadamente ácido, bases totales y porcentaje de saturación medio, alta CIC y contenido bajo de P y Al; las bajas temperaturas y la alta humedad relativa determinan una lenta descomposición, favoreciendo altos contenidos de N y materia orgánica, de ahí las secuencias encontradas.

Si se hace un análisis espacial (Figura 6), estas especies son estratégicamente compartimentos de intensa actividad en el ciclaje y reposición de elementos absorbidos por la vegetación, principalmente por la perenne, pues el suelo no presentó deficiencias de elementos de cambio indicando su papel en la incorporación al medio. Lo contrario, sucede en otros sitios andinos pobremente epifitados, en donde se presenta baja descomposición e incompleta, con permanente

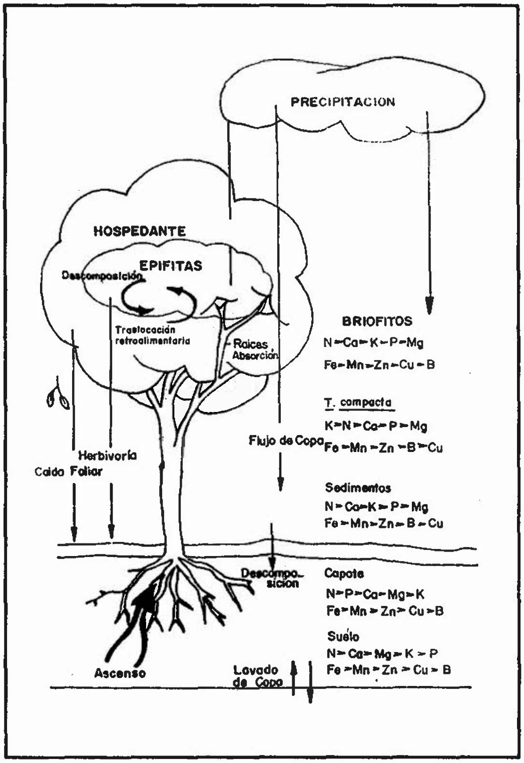
PRECIPITACION
HOSPEDANTE
EPIFITAS
Descomposición
Traslocación retroalimentaria
Raices Absorción
BRIOFITOS
N > Ca > K > P > Mg
Fe > Mn > Zn > Cu > B
T. compacta
K > N > Ca > P > Mg
Flujo de Copa
Fe > Mn > Zn > B > Cu
Herbivoría
Caido Foliar
Sedimentos
N > Ca > K > P > Mg
Fe > Mn > Zn > B > Cu
Descomposicion
Capote
N > P > Ca > Mg > K
Fe > Mn > Zn > Cu > B
Suelo
N > Ca > Mg > K > P
Fe > Mn > Zn > Cu > B
Ascenso
Lavado de Copa

**Figura 7.** Dinámica y secuencia de elementos.

lavado derivando en acumulaciones excesivas de materia orgánica y generando comportamiento inorgánico del suelo, como ocurre en plantaciones de coníferas como de Pinus patula, (Pérez 1985).

Lo anterior es explicable pues la acumulación excede en velocidad a la degradación y los elementos son liberados parcialmente en una fase de crecimiento fungal de carácter soluble que es rápidamente aprovechada por las raicillas de los arboles en el mismo capote y de este en los primeros centímetros del suelo.

Esta estrategia no se observa en sitios consorciales donde las especies se reparten con equidad los procesos, razón por la cual, se descarta considerar el epifitismo como una instancia "oportunista" o "pirata" y por el contrario saber que es un nivel donde se jerarquiza la oligotrofía, mesotrofía y un bajo porcentaje de epiparasitismo representado fundamentalmente por la acción fungal.

## Conclusiones

Las relaciones epifíticas evaluadas en los diferentes compartimentos pueden ser analizados por medio del sistema integral de distribución de Alvin (Figura 1) y a su vez en forma individual, permitir resaltar el papel ecofisiológico de cada una de las especies estudiadas en el bosque alto andino de Guisquiza.

Dada la capacidad de almacenaje de bioelementos y en especial de metales pesados de escaso uso para las restantes especies, las epífitas estudiadas actúan como plantas descontaminadoras y protectoras de la toxicidad que estos elementos generan en las zonas andinas de origen volcánico.

En el análisis interrelacionado de elementos encontrados, el almacenaje de las epífitas estudiadas por unidad de peso es mayor al de las hojas de arboles de estos bosques, con excepción para Mg, Mn y B los cuales son relativamente similares. Puede decirse que para una pequeña fitomasa es alta la retención de elementos.

Entre las especies epífitas existe un efecto de complementariedad en la regulación de los elementos más importantes derivando una fuerte influencia en el establecimiento de las relaciones N:P:K, K:N, Ca:Mg, N:B y P:K; sobre los cuales se sustenta la mayor parte de la vegetación andina.

Comparativamente este análisis de distribución permite resaltar a las epífitas evaluadas como eslabón regulador de los procesos que ocurren a nivel del edafón, de ahí que deban ser tenidas en cuenta en los planes guía de manejo de las cuencas.

Se logra nuevamente confirmar que en el tanque de las bromeliáceas, las hojas se comportan como un sistema de compartimentalización radical bien desarrollado, que permite el acceso rápido a los bioelementos y se constituye en unidad que retiene y regula la entrega de sus materiales al ecosistema boscoso.

Dadas las características encontradas en el sedimento del tanque, *T. compacta* es aportadora de humus al medio y por su alta capacidad de almacenar K en las hojas, hasta valores del 3 %, es determinante de la CIC real. Por tanto, es reguladora entre otros, de la regeneración natural de las especies del bosque.

Sin embargo de los registros para sesquióxidos de Al y Fe, el papel de la vegetación epífita y el bosque, permiten establecer una dinámica de distribución y regulación, restando su toxicidad por exceso y en consecuencia los problemas generados por acidez y lixiviación, conocidos en las zonas andinas.

Se sabe que en las partes altoandinas, la acidez y valores elevados de Al y Fe conllevan a bloques de fijación especialmente de P produciendo serios daños en el crecimiento de las plantas. Los valores normales y altos de los elementos en briófitos, tejido foliar y sedimentos de *T. compacta* permiten colegir que estas especies son un importante nivel trófico que suple nutrientes cuyo ciclo bioquímico y de disponibilidad sigue siendo muy desconocido y por lo tanto un problema que tiene que ver con todas las relaciones ecológicas andinas de Colombia.

Se trató con esta investigación hacer un análisis particular e integral del papel de las especies epífitas como compartimento y por lo cual se puede aportar un modelo de dinámica y secuencia de elementos (Figura 7) para la región estudiada. Se puede usar como base en la solución de problemas de agua, y riqueza de nutrientes por otra parte, para los planes de ordenación de cuencas es urgente la inyección de estas especies hacia bosques frágiles y menos eficientes en el establecimiento y recuperación de la biodiversidad perdida de las zonas altoandinas.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Facultad de Ingeniería Forestal y a la Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, por su colaboración en el desarrollo de esta investigación; a Edgar Linares Biólogo del Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia por la identificación del material vegetal y sus críticas al manuscrito.

## Literatura citada

AYALA, L.T. & G.E. RAMOS. 1988. Estructura del sotobosque Andino a dos altitudes de la cordillera central Colombiana y su capacidad de interceptación de agua. Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 150 p.

ALVIM, P. DE T. & F.B. CABALA. 1974. Un novo sistema do representaçao grafica de fertilidade dos solos para cacau. Cacau atualidades Illeús/Bahía 11 (1): 2-6.

BENZING, D.H. 1973. The monocotiledons: their evolution and comparative biology. I. Mineral nutrient and related phenomena in Bromeliaceae and Orquidaceae. Oberling College. The Quaterly Review of Biology 48 (2): 277-290.

BENZING, D.H. 1976. Bromeliad trichomes: structure, function and ecological significance. Selbyana, 1 (4): 330-347.

BENZING, D.H. & SEEMANN. 1978. Nutritional piracy and host live: a new perspective on the epiphyte-host relationship. Selbyana 2 (3-4): 133-148.

BENZING, D.H. & E.A. DAVIDSON. 1979. Oligotrophic *Tillandsia circinnata* Sclecht (Bromeliaceae) : an assessment of its patterns of mineral allocation and reproduction. American Journal Bot. 66 (4): 386-397.

BENZING, D.H. & D.W. OTT. 1981. Vegetative reduction in epiphytic Bromeliaceae and Orchidaceae: Its originand significance. Biotropica 13 (2): 131-140.

BINKLEY, D. & R. LAMBERT. 1981. Biomass, production and nutrient cyclin of mosses in a Old-Growth Douglas fir forest. Ecology 62 (5): 1387-1389.

DOWNS, R. & B. LYMAN. 1974. Flora Neotropical. Monograph. No. 14, Bromeleiaceae. Hafner Press. 63 p.

EDWARDS, P.J. Y P. GRUBB (1977). Studies of mineral cycling in a montane rainforest in New Guinea. II The producction and disappearance of litter. J. Ecol. 65: 943-969.

FASSBENDER, H.W. & E. GRIMM. 1981. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. III. Ciclo Hídrico y traslocación de elementos químicos con el agua. Turrialba 31 (2): 89-99.

FASSBENDER, H.W. & E. BORNEMIZSA. 1987. Química de suelos con enfasis en América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. 419 p.

GARAVITO, F. 1979. Propiedades químicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrológica. Bogotá. Colombia.

GOLLEY, F.B. 1983. *Tropical rainforest ecosystems. Structure and function*. Institute of Ecology. University of Georgia. 381 p.

GOLLEY, F.B. MC. GINNIS, J.T. CLEMENTS, R.G. CHID, G.I. AND DUEVER, M.J. 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. University of Georgia Press. Athens. Ga. 248 pp.

GRIMM, U. & FASSBENDER, H.W. 1981. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I inventario de las reservas orgánicas y minerales. Turrialba 31 (1): 27-37.

GRUBB, P.J. & WHITMORE, T.C. 1963. A comparation of montane and lowland rain forest in Ecuador. I the forest structure, physionomy and floristic. J. Ecology. 51: 576-601.

HARDY, F. 1970. *Suelos tropicales*. Pedología tropical con énfasis en América. Herrero hermanos Sucesores, S.A. México.

HOLDRIDGE, L.R. 1979. *Ecologia basada en zonas de vida*. Centro científico tropical. San José. Costa Rica. 116 p.

HUNECK, S. 1982. Chemistry and Biochemistry of Bryophytes in SCHUSTER, R.M. 1984.*New manual of Bryology:* Botanical Laboratory. Vol: 1-2. Tokyo; Japan. 1271 p.

IGAC. 1983. *Química de suelos*. Subdirección de Agrología, 283 p.

MADISON, M. 1977. Vascular Epiphytes: Their systematic ocurrence and salien features. selbyana 2 (1): 1-13.

NADKARNI, N.M. 1984. Epiphyte biomass and nutrient capital of a Neotropical elfin forest. Biotrópica 16 (4): 249-256.

NADKARNI, N.M. 1986. The nutritional effects of epiphytes on host trees with special reference to alteration of precipitation chemestry. Selbyana 9: 44-51.

NADKARNI, N.M. & PRIMARK. 1987. The use gamma apectrometry to measure within plant nutrient of a tank bromeliad, Guzmania lingulata. Selbyana 10: 22-25.

MARTÍN, C.G. N. RODRÍGUEZ & L.M. CABALLERO. 1991. Intercepción y movilización de agua por epífitas en bosque nublado. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 1 (1): 119-130.

MEDINA, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Secretaria General de la OEA Washington. Serie de Biología No. 16. 102 p.

PÉREZ, L. 1985. Actividad biológica y celulolítica como contribución al índice de calidad de sitio de *Pinus patula* en la región del Neusa Cundinamarca. Tesis de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ingeniería Forestal.

PÖCS, T. 1980. The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). Act. Bot. Acad. Sci. Hung. 26: 143-167.

SCHUSTER, R.M. 1984. New Manual of Bryology. The hattor: Botanical Laboratory, Vol: 1-2. Tokyo, Japón. 1271 p.

STADMULLER, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo. Universidad de las Naciones Unidas.Centro Agronómico tropical. Turrialba, Costa Rica.85 p.

SUDGEN, A.M. & R.J. ROBINS. 1979. Aspects of the ecology of vascular epiphytes in two Colombian cloud forest, l Distribution of the epiphytes flora. Biotrópica 11 (3): 173-188.

VAN LEERDAM, A. & ZAGH. 1989. The epiphyte vegetation of a andean forest in Colombia : Aspects of this hidrology and distrybution in the canopy. Vangroep Botanische Ecologie. Rijks Universiteit Utrecht. 116 p.

VENEKLASS, E. 1990. Rainfall interception and above ground nutrient fluxes in Colombian montane tropical rainforest. Rijks Universiteit Utrecht. 110 p.